

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

УДК 656

### СОЗДАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ

канд. техн. наук, доц. Д.В. КАПСКИЙ; Д.В. НАВОЙ  
(Белорусский национальный технический университет, Минск)

Представлен анализ характеристик транспортной системы Минска с учетом модернизации автоматизированной системы управления дорожным движением города. Показана необходимость создания целостной интеллектуальной транспортной системы страны. На основе полученных результатов разработаны технологические требования к функционированию целостной системы, которые касаются уровня эффективности и уровня аварийности на участках улично-дорожной сети, входящие в создаваемую систему.

**Ключевые слова:** организация дорожного движения, безопасность, автоматизированная система управления дорожным движением, интеллектуальная транспортная система, эффективность, координированное регулирование.

За последние 20 лет число автомобилей в Республике Беларусь увеличилось в 4 раза, превысило 3 млн единиц и продолжает расти, постепенно приближаясь к средневропейскому уровню, порядка 500 автомобилей на 1000 жителей [1]. На рисунке 1 представлены сценарии развития уровней автомобилизации для города Минска. Сценарии привязаны к транспортным системам Стокгольма, Варшавы, Торонто и Москвы.

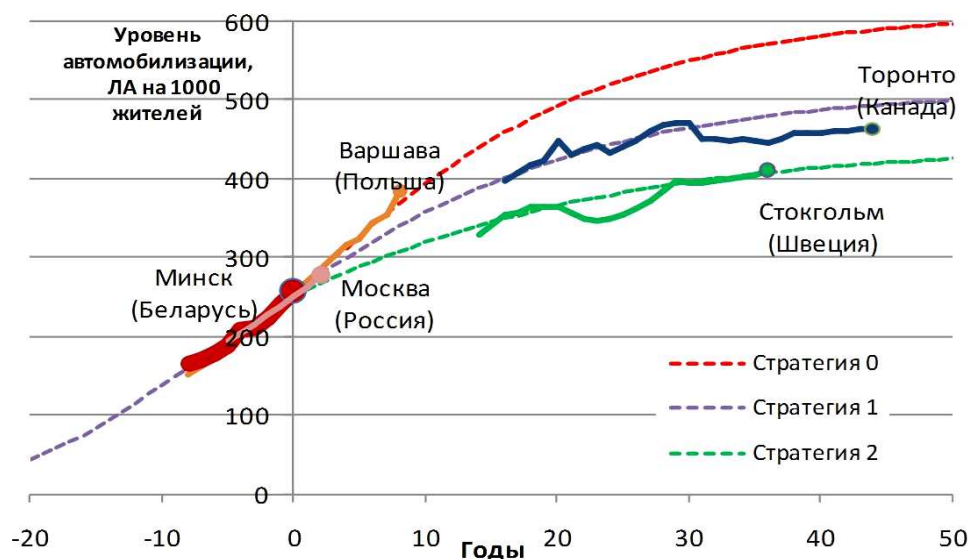


Рисунок 1. – Изменение уровня автомобилизации в некоторых странах [1–5]

Рост автомобилизации вызвал ряд проблем, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную сеть (УДС), особенно в городах: снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, увеличились выбросы вредных веществ в атмосферу и уровень транспортного шума, возросло количество аварий. Иными словами, ухудшилось качество дорожного движения, поэтому его повышение является актуальной задачей и определяется совокупностью основных свойств, таких как безопасность, экономичность, экологичность и социологичность, что может оцениваться величиной потерь, под которыми понимается социально-экономическая стоимость необязательных издержек процесса движения. Эти потери достигли масштабов порядка 6 млрд долл./год и представляют существенную угрозу для безопасности страны [6].

**Транспортная система города Минска.** Рассмотрим краткую характеристику транспортной системы города Минска. Уровень качества транспортных систем для разных городов мира представлен на рисунке 2. Качество определено уровнем энтропии той или иной транспортной системы. Сравнительный уровень аварийности различных городов за 2014 год, а именно количество погибших на 100 тысяч жителей, представлен на рисунке 3 [3–5; 7; 8].

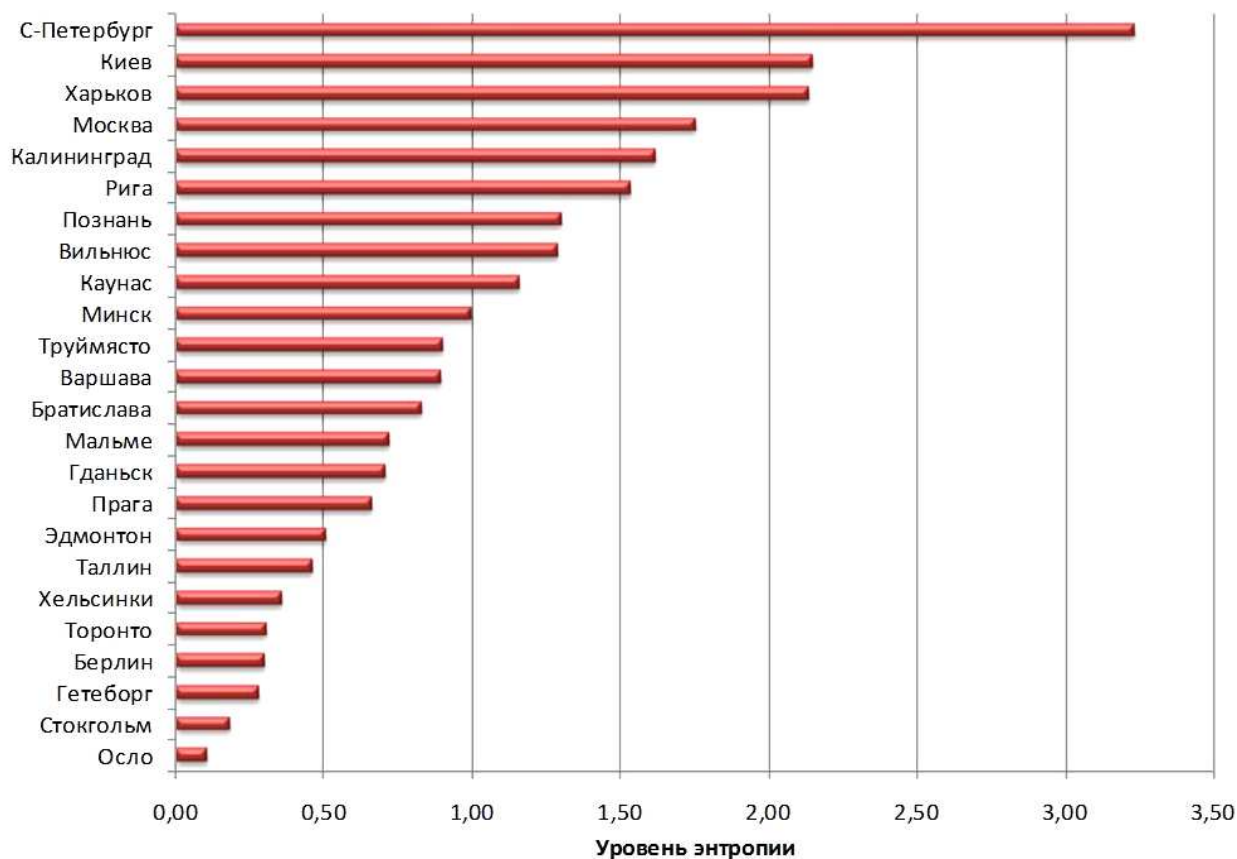


Рисунок 2. – Уровень качества транспортных систем

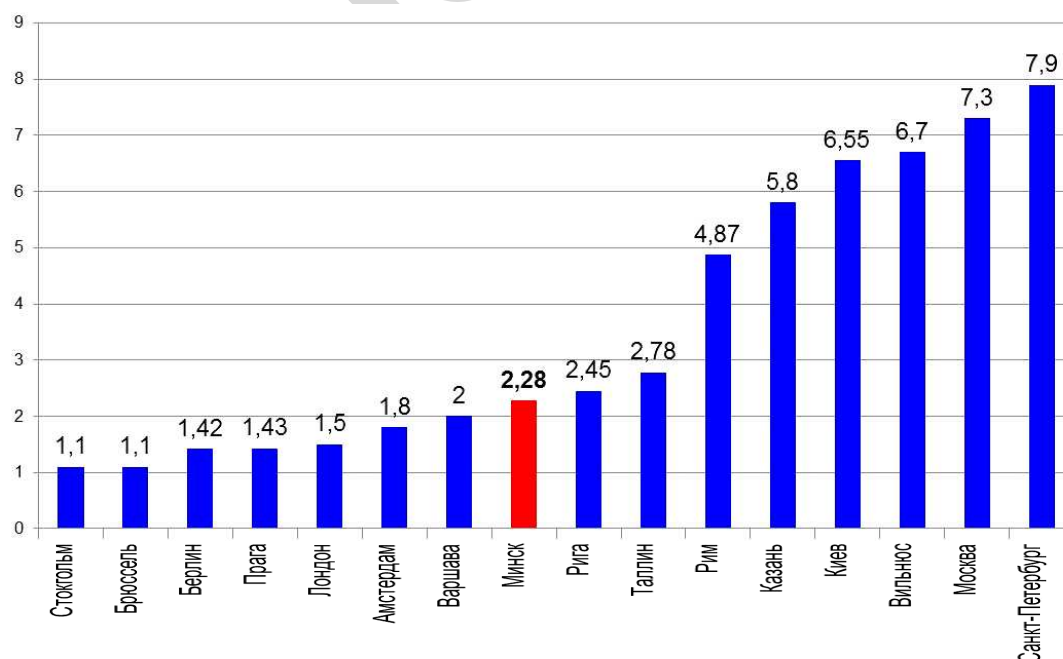


Рисунок 3. – Распределение количества погибших в ДТП на 100 тыс. жителей в 2014 году

Дорожное движение содержит аварийную, экологическую, экономическую и социальную угрозы. Для участников движения из всех угроз наиважнейшей является аварийность, поскольку непосредственно касается жизни, здоровья и благополучия граждан, поэтому борьба с аварийностью имеет большую социальную значимость, и ее необходимо рассматривать на государственном уровне. Ежегодно в мире погибает более 1 млн человек и около 50 млн получают травмы. В Республике Беларусь за последние 5 лет произошло около 534,5 тыс. аварий, в которых погибли 5645 человек, получили ранения более 30,9 тыс.; с точки зрения экономической угрозы аварийные потери составили около 1,7 млрд долл. [1; 7; 9; 10].

#### Общие характеристики транспортной системы города Минска

Стоимость активов транспорта (транспортная система и инфраструктура)	~ 4–5 млрд долл.
Количество автомобилей	~ 750 тыс. единиц
Общий пробег транспорта	~ 3,5 млрд км в год
Общие транспортные издержки	~ 500 млн долл. в год
Потери от регулирования	~ 100 млн долл. в год
Общий расход топлива	~ 300 тыс. тонн в год
Потери времени	~ 25 млн часов в год
Вред от выбросов вредных веществ	~ 200 млн долл. в год
Вред от аварийности	~ 100 млн долл. в год

Рассмотрим структуру интеллектуальной транспортной системы (ИТС) города Минска.

Интеллектуальная транспортная система города Минска на функциональном уровне в настоящее время представлена следующими подсистемами [11; 12]:

- автоматизированная система управления дорожным движением;
- автоматизированная система диспетчерского управления общественным транспортом;
- система видеонаблюдения в местах массового скопления граждан;
- система фотофиксации скоростных режимов;
- система контроля инцидентов и маршрутного ориентирования;
- система управления движением грузового транспорта;
- система управления парковочным пространством.

Интеграция подсистем в составе ИТС имеет различный уровень. Так, на рисунке 4 показана глубина интеграции подсистем в составе интеллектуальной транспортной системы.

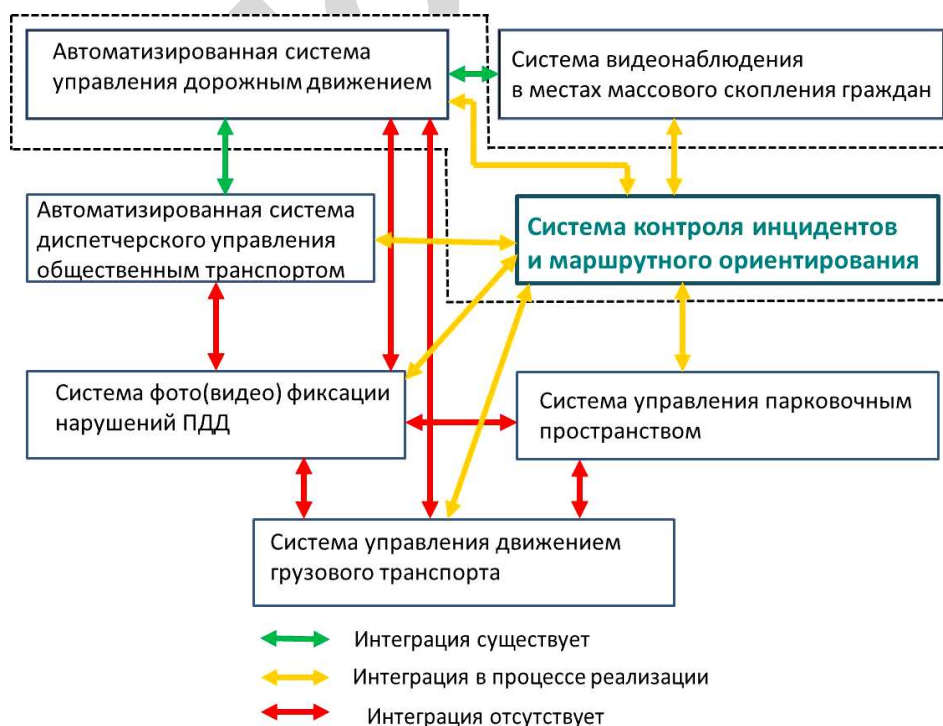


Рисунок 4. – Существующие структурные связи в ИТС города Минска

Характеристика автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД) города Минска заключается в следующем: АСУДД предназначена для управления движением транспортных и пешеходных потоков в городе Минске.

Автоматизированная система управления дорожным движением состоит из таких составляющих:

- программно-технический комплекс центрального управляющего пункта (ПТК ЦУП);
- каналообразующая аппаратура;
- периферийные средства для светофорных объектов:
  - дорожные контроллеры;
  - детекторы транспорта;
  - указатели скорости и другие управляемые знаки;
  - табло информирования
  - табло вызывные пешеходные;
  - светофоры.

В соответствии с Концепцией управления дорожным движением города Минска каждой улице в городе присвоен соответствующий статус, который определяет набор требований к той или иной улице. Постоянный мониторинг дорожной ситуации позволяет определить выход тех или иных параметров за пределы установленных в соответствии со статусом. В случае если система не имеет предустановленных сценариев, технологю необходимо подготовить такие сценарии (планы координации, изменение графика светофорных объектов, изменение схемы организации дорожного движения и др.); если требуются капитальные затраты, необходимо выйти с предложением на муниципальный уровень для решения той или иной транспортной задачи.

На рисунке 5 показан пример мониторинга соответствия заданных показателей реальным с помощью gps-трека. Так, при проезде той или иной улицы программа рассчитывает ряд показателей (в частности, скорость сообщения и другие) и выдает параметры, не соответствующие заданным, для дальнейшего проектирования.

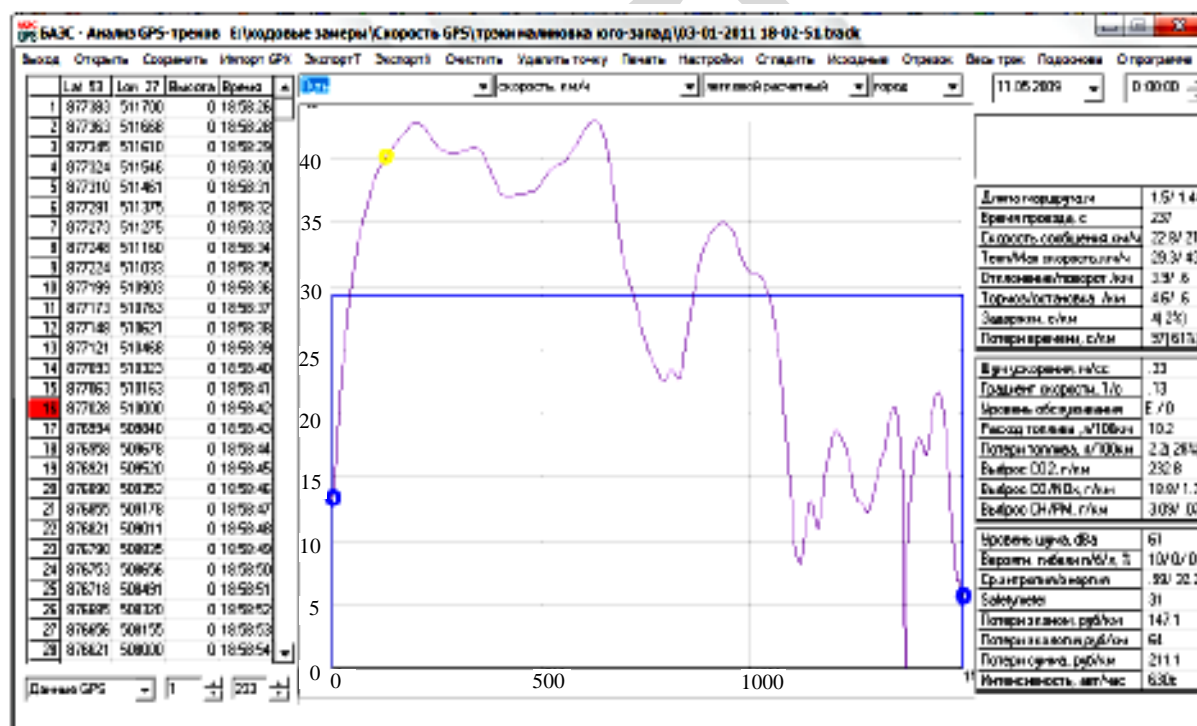


Рисунок 5. – Пример gps-трека для мониторинга дорожной ситуации

В системе реализованы программные модули, позволяющие получать сведения из базы данных системы о параметрах транспортных потоков и соответствии системы заданным технологическим параметрам. Система автоматизированного проектирования позволяет также вносить управляющие воздействия в систему на локальном и магистральном уровнях. Пример работы программного модуля на локальном уровне представлен на рисунке 6.

Направления	Q	Q <sub>м</sub>	T <sub>усл.</sub>	$\lambda$	X	No	Lo	d	D	ко	K <sub>о</sub>	Потери
Транспорт	а/ч	а/ч	с			а	м	с/а	тыс. ч ход	ост/а	млн ост/то	тыс. USD
Лево АВ												
Прямо АС	1423	5491	48	0.57	0.45	14	34	12.5	20.8	0.52	3.12	<b>117.6</b>
Право АД	158	588	48	0.56	0.48	2	27	13.8	2.5	0.54	0.36	10.6
Лево ВС												
Прямо ВД												
Право ВА												
Лево CD	260	580	51	0.62	<b>0.72</b>	3	16	22.1	6.7	0.69	0.75	24.8
Прямо СА	1423	4220	51	0.61	0.55	13	41	11.6	19.3	0.53	3.16	<b>108.2</b>
Право СВ												
Лево DA	158	1285	21	0.27	0.45	3	16	26.8	4.9	0.75	0.49	19.9
Прямо DB												
Право DC	106	1340	21	0.27	<b>0.29</b>	2	11	25.5	3.2	0.71	0.32	11.3
<b>Всего</b>	<b>3450</b>		<b>84</b>	<b>0.58</b>	<b>0.52</b>			<b>14.27</b>	<b>57.4</b>	<b>0.57</b>	<b>8.20</b>	<b>292.6</b>
Пешеходы												
Ап	220		23	0.274		3.75		30.5	7.8			3.0
Вп												
Сп	550		23	0.274		9.32		30.5	19.6			7.4
Дп	220		55	0.655		1.77		14.5	3.7			1.4
<b>Всего</b>	<b>990</b>		<b>84</b>	<b>0.36</b>					<b>31.1</b>			<b>11.8</b>
<b>Общие потери от регулирования</b>												<b>304.04</b>

Рисунок 6. – Пример программного модуля локального уровня

На рисунке 7 представлен пример работы программного модуля на сетевом уровне.

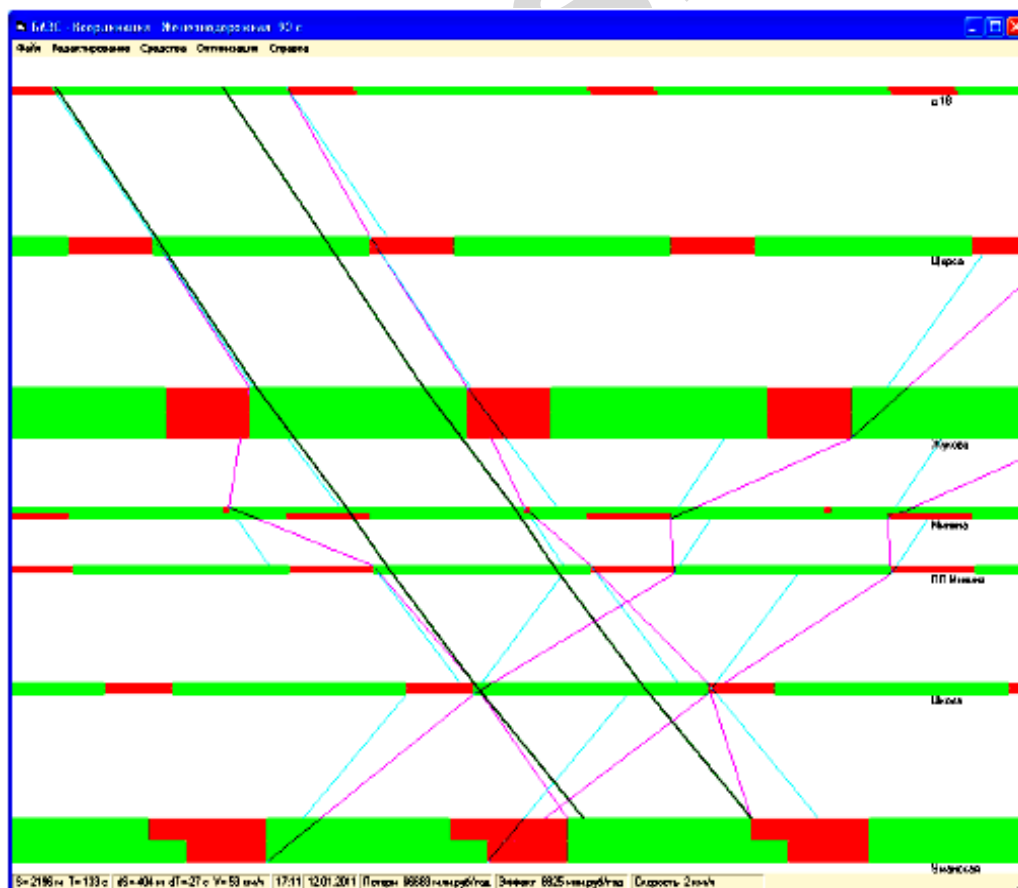


Рисунок 7. – Пример работы программного модуля на магистральном уровне

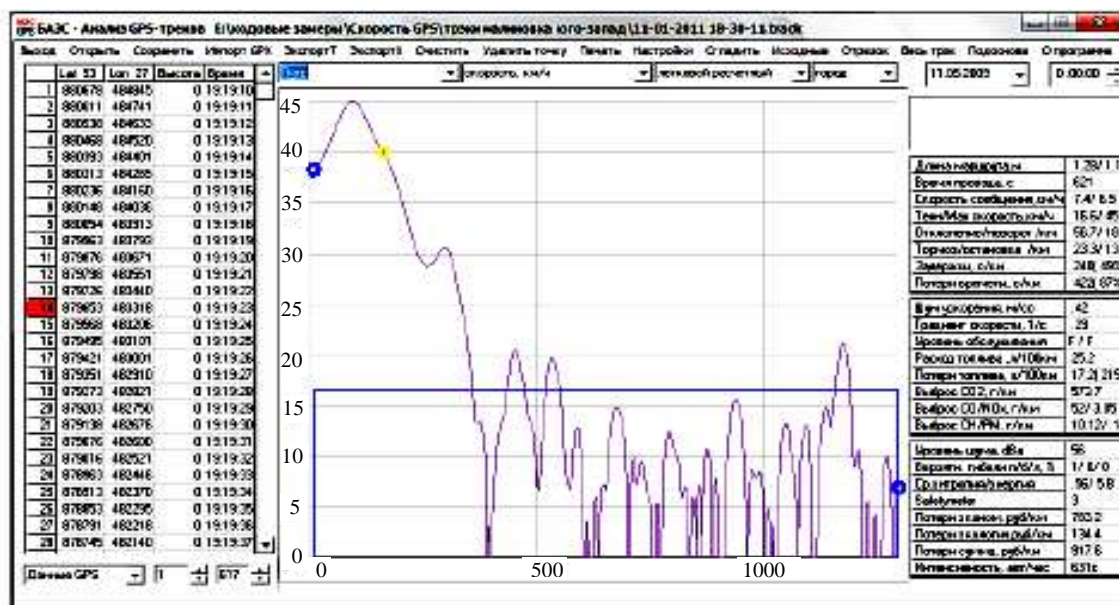


Оценка качества управляющих сценариев для конкретного плана координации проводится на основании сравнения ситуаций «до» и «после».

На рисунке 8 приведен пример оценки качества координации с помощью gps-трекера.

### Улица Брыталя от Гурского к Алибегова

ДО



ПОСЛЕ

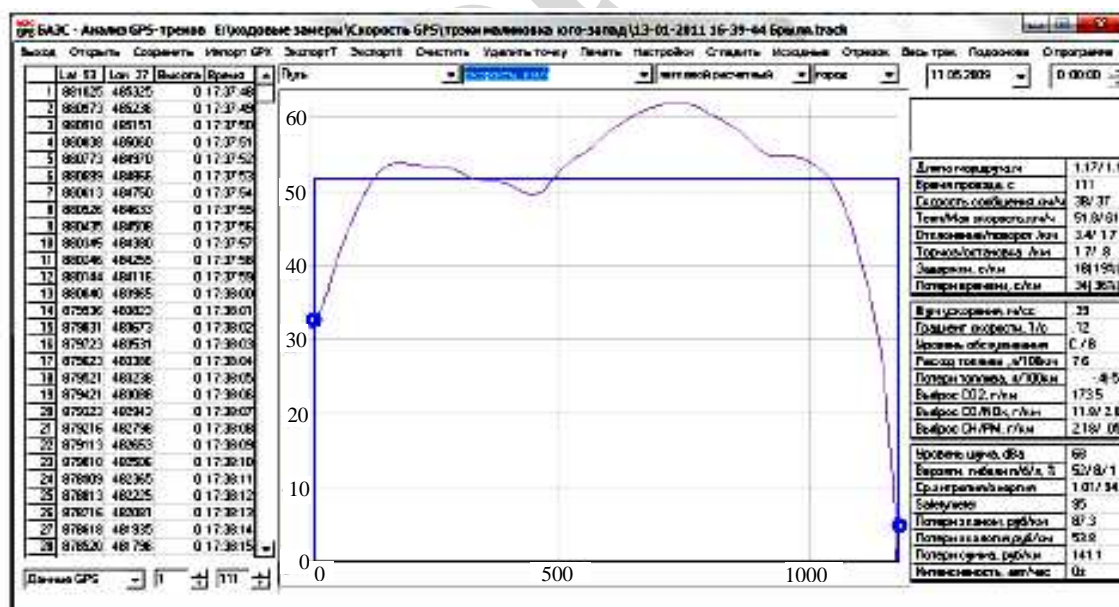


Рисунок 8. – Пример оценки качества координации с помощью gps-трекера

Система отображения программно-технического комплекса центрального управляющего пункта (ПТК ЦУП) реализуется путем визуализации информации о функциональном состоянии периферийных устройств на улично-дорожной сети, параметров транспортных потоков от детекторов транспорта, а также видеоинформации.

Видеоинформация в программно-техническом комплексе ЦУП автоматизированной системы управления дорожным движением поступает как от видеодетекторов транспорта, так и от системы видеонаблюдения в местах массового скопления граждан. Пример работы видеодетектора транспорта представлен на рисунке 9.

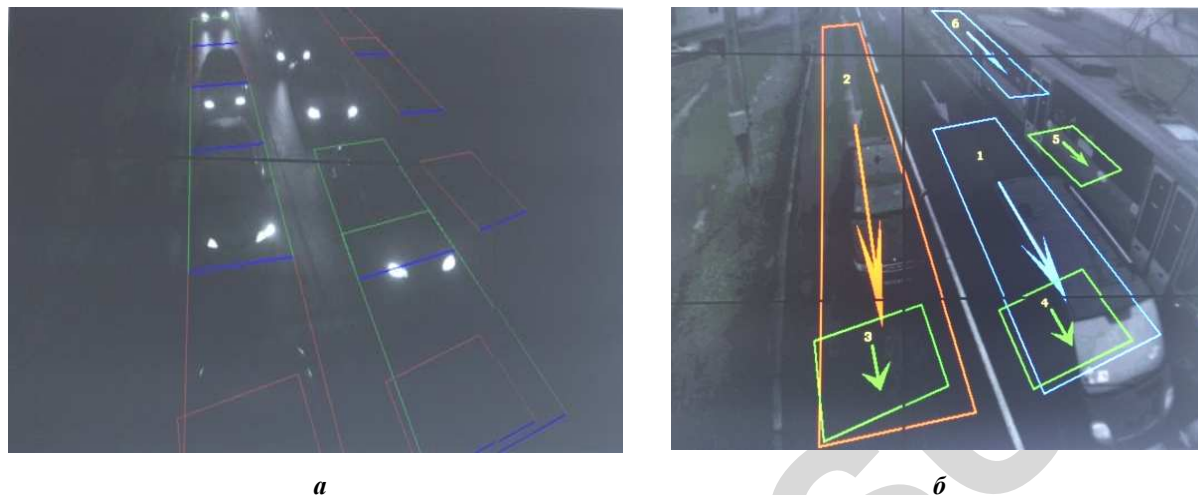


Рисунок 9. – Работа видеодетекторов транспорта в ночное (а) и дневное (б) время суток

Конфигурация зала управления программно-технического комплекса центрального управляющего пункта АСУДД и системы видеонаблюдения представлена на рисунке 10.



Рисунок 10. – Зал управления программно-технического комплекса центрального управляющего пункта автоматизированной системы управления дорожным движением с системой видеонаблюдения

#### **Другое программное обеспечение программно-технического комплекса центрального управляющего пункта автоматизированной системы управления дорожным движением**

Программное обеспечение программно-технического комплекса центрального управляющего пункта автоматизированной системы управления дорожным движением обеспечивает централизованное и децентрализованное управление светофорными объектами.

Коммуникационный профиль заключается в следующем:

- для передачи данных на светофорные объекты используется протокол «Старт» и протокол GPRS-связи;
- для подключения каналаобразующей аппаратуры (КЗЦ-М1) используется интерфейс CAN2.0, интерфейс RS-232 – для подключения GPRS-модема;
- сервер управления дорожным движением реализуется на управляющем вычислительном комплексе;
- обмен информации с базой данных осуществляется по протоколу Net8, с АРМами по протоколу TCP/IP с использованием протокола Sockets;

- в качестве сервера базы данных используется система управления базами данных ORACLE;

- для передачи данных от видеокамер и видеодетекторов используются оптоволоконные каналы.

**Дорожные контроллеры являются основным периферийным оборудованием АСУДД**

Для подключения дорожных контроллеров к центру управления используется два вида связи:

- проводная (телефонные линии связи);
- беспроводная (GPRS-связь).

Программно-технический комплекс центрального управляющего пункта автоматизированной системы управления дорожным движением позволяет подключить к системе до 640 дорожных контроллеров по проводным линиям связи и до 200 по беспроводным.

Обмен информацией между дорожными контроллерами и центром управления осуществляется по проводным линиям связи каждую секунду, по GPRS-связи по запросам – каждые 4 минуты.

К дорожным контроллерам подключается дополнительное периферийное оборудование:

- детекторы транспорта (ДТ);
- табло вызывное пешеходное (ТВП);
- указатели скорости (УСК);
- табло предварительного информирования (ТПИ).

В дорожных контроллерах белорусских производителей реализованы следующие функции управления: ручное управление; управление по графику; управление на основе информации от детекторов транспорта; координированное управление; диспетчерское управление; зеленая улица (режим пропуска спецтранспорта); управление от вызывных кнопок.

В Минске используются контроллеры нескольких типов: Peek, ДУМКА и БДКЛ-М.

**Цели АСУДД города Минска в составе интеллектуальной транспортной системы**

Интеллектуальная транспортная система, являясь общемировым трендом, позволяет кардинальным образом улучшить качество дорожного движения. Автоматизированная система управления дорожным движением и другие подсистемы в составе ИТС являются инструментами реализации целей по повышению безопасности и комфорта дорожного движения [13; 14].

Анализируя тенденции изменения транспортной нагрузки в городе Минске (рис. 11), отметим, что, несмотря на существенный рост автомобилизации, аварийность снижается [15].

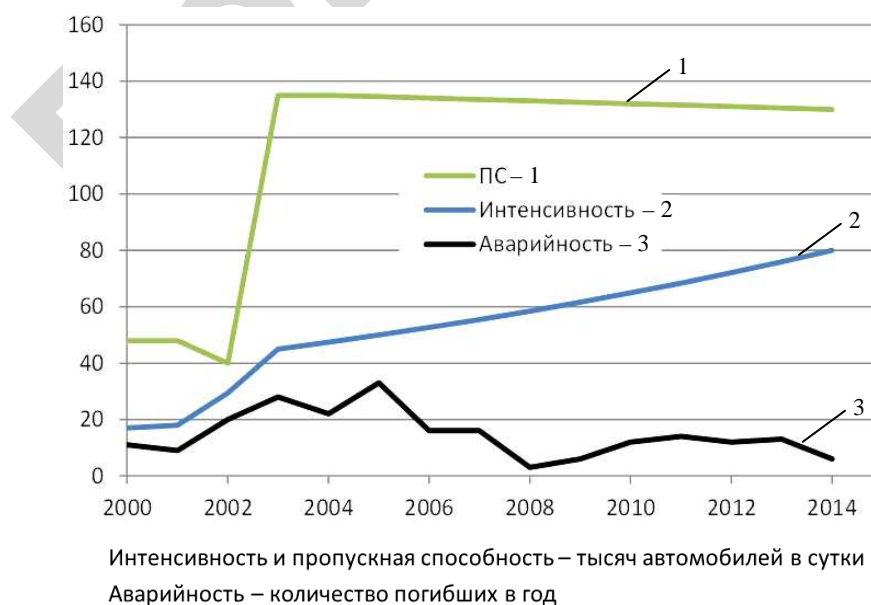


Рисунок 11. – Тенденции изменения транспортной нагрузки



Исходя из тенденций изменения транспортной нагрузки и анализа аварийности, на рисунке 12 представлены цели по реализации ИТС и АСУДД в ее составе.

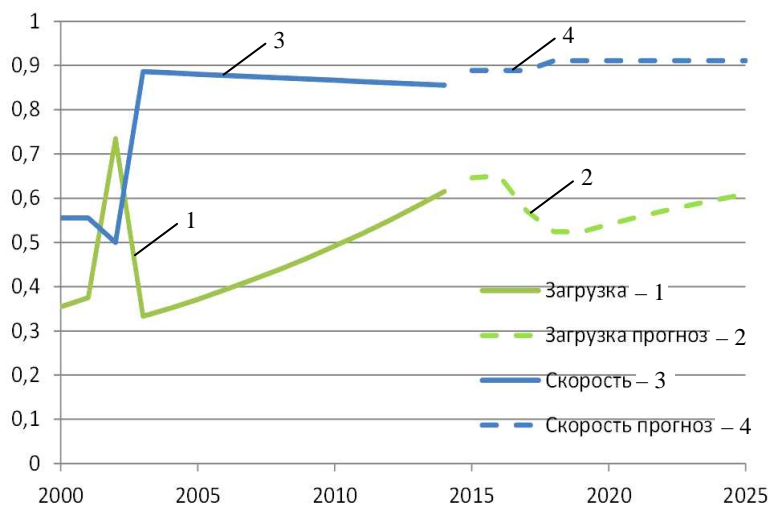


Рисунок 12. – Цели интеллектуальной транспортной системы города Минска

В рамках экономической стратегии, ставя целью повышение качества жизни населения города за счет снижения транспортных потерь, можно сформировать экономическую стратегию благодаря внедрению ИТС и АСУДД в ее составе как основного компонента (табл. 1) [16; 17].

Таблица 1. – Экономическая стратегия за счет внедрения ИТС и АСУДД

Компоненты	Статьи выгод	Масштаб, млн. USD / год
Экономика	Снижение потерь из-за альтернативного использования МКАД вместо городской территории.	20...10
	Снижение потерь из-за увеличения скорости сообщения	6...3
Безопасность	Сохранение жизни и здоровья.	3...1,5
	Снижение числа и ликвидация инцидентов	2...1
Экология	Снижение потерь из-за альтернативного использования МКАД вместо городской территории	6...3
МКАД – Минская кольцевая автомобильная дорога.		

**Заключение.** Установлено, что рост автомобилизации вызвал ряд проблем, среди которых низкая скорость сообщения, плохие режимы движения, наличие перегрузок и повышенный уровень аварийности. Поэтому повышения качества дорожного движения можно достичь с помощью совершенствования организации дорожного движения и создания интеллектуальной транспортной системы города Минска. Интеллектуальная транспортная система, являясь общемировым трендом, позволяет кардинальным образом улучшить качество дорожного движения.

Автоматизированная система управления дорожным движением и другие подсистемы в составе ИТС являются инструментами реализации целей по повышению безопасности и комфорта дорожного движения. Целесообразно в качестве базовой для ее создания выбрать автоматизированную систему управления дорожным движением, которая имеет соответствующие функциональные, структурные, организационные и институциональные резервы для своего развития. Отдельно разработаны технологические требования к функционированию целостной системы, которые касаются уровня эффективности, в том числе и аварийности на участках уличной дорожной сети, входящих в создаваемую систему. Внедрение автоматизированной системы управления дорожным движением в интеллектуальную транспортную систему позволит снизить аварийные, экономические и экологические, а также социальные потери в дорожном движении не менее чем на 15% от существующего их уровня, несмотря на рост автомобилизации в городе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2015 году : аналитич. сб. / сост.: О.Г. Ливанский ; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск : Полиграф. центр МВД Респ. Беларусь, 2016. – 89 с.

2. 2013 Motor Vehicle Crashes : Overview / TRAFFIC SAFETY FACTS Research Note /NHTSA's National Center for Statistics and Analysis / DOT HS 812 101 / December 2014 / file: /C:/Users/den/Desktop/812101.pdf.
3. Road traffic accidents involving personal injury, November 2014 // Statistics Norway [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.ssb.no/en/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu>. – Date of access: 16.05.2015.
4. Accident rate information // Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: [http://www.lra.lt/en.php/traffic\\_safety/accident\\_rate\\_information/106](http://www.lra.lt/en.php/traffic_safety/accident_rate_information/106). – Date of access: 20.03.2016.
5. Albalatea, D. The Road against Fatalities: Infrastructure Spending vs. Regulation? [Electronic resource] / Daniel Albalatea, Laura Fernández, Anastasiya Yaryginaa ; University of Barcelona, (GiM-IREA), Departament de Política Econòmica i Estructura Econòmica Mundial, Av. Diagonal 690. – Barcelona (Spain). – Mode of access: <http://www.alde.es/encuentros/anteriores/xvieea/trabajos/a/pdf/100.pdf>. – Date of access: 20.03.2016.
6. Капский, Д.В. Метод прогнозирования дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности / Д.В. Капский. – М. : Новое знание, 2015. – 327 с.
7. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2014 году : аналит. сб. / сост.: О.Г. Ливанский ; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск : Полиграф. центр МВД Респ. Беларусь, 2015. – 89 с.
8. CSNg dati Latvijā (2000–2014 g.) // CSDD – [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: [http://www.csdd.lv/lat/noderiga\\_informacija/statistika/celu\\_satiksmes\\_negadījumi/?doc=523](http://www.csdd.lv/lat/noderiga_informacija/statistika/celu_satiksmes_negadījumi/?doc=523). – Date of access: 16.05.2015.
9. Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2008 годах и наметившиеся тенденции : аналит. сб. / сост.: В.В. Бульбенков, А.А. Сушко, О.Г. Ливанский ; под общ. ред. А.Н. Кулешова. – Минск : Полиграф. центр МВД Респ. Беларусь, 2009. – 144 с.
10. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2011 году : аналит. сб. / сост.: В.В. Бульбенков, О.Г. Ливанский ; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск : Полиграф. центр МВД Респ. Беларусь, 2012. – 89 с.
11. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
12. Капский, Д.В. Аварийность в дорожном движении. Исследование дорожно-транспортных происшествий с помощью страховой статистики / Д.В. Капский // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2011. – № 1. – С. 48–54.
13. Аудит безопасности дорожного движения / Д.В. Капский [и др.] ; науч. ред. Д.В. Капского ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.
14. Капский, Д.В. Аварийность в дорожном движении. Исследование дорожно-транспортных происшествий с помощью страховой статистики / Д.В. Капский // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2011. – № 1. – С. 48–54.
15. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
16. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
17. Капский, Д.В. Разработка методики определения экономических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д.В. Капский, Д.В. Навой // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеан. гос. ун-т ; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2009. – № 9. – С. 12–31.

Поступила 12.12.2016

## CREATION OF THE INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEM OF LARGEST CITIES

**D. KAPSKY, D. NAVOY**

*An analysis of the characteristics of the transport system in Minsk taking into account the modernization of the automated traffic management system of the city is presented. On the basis of the results obtained, technological requirements for the functioning of an integrated system have been developed that relate to the level of efficiency, including accidents at the sections of the road and road network that are part of the system being created. In the future, it is planned to create an integrated intellectual transport system of the country.*

**Keywords:** traffic organization, safety, automated traffic control system, intelligent transport systems, efficiency, coordinated regulation.